

**ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΣΤΗΝ
ΕΝΔΟΣΧΟΛΙΚΗ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΟ 9^ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΡΕΘΥΜΝΟΥ**

Νεκτάριος Τσαγλιώτης

ntsag@edc.uoc.gr

Εκπαιδευτικός ΠΕ70

Περίληψη

Το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών στεγάζεται στο 9ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου, ως ένα από τα 58 Εργαστήρια ΦΕ, που εξοπλήστηκαν από Πρόγραμμα του Γ΄ ΚΠΣ/ΕΠΕΑΕΚ του Υπουργείου Παιδείας (2005-2009). Μέσα σε ένα πλαίσιο συνεργασίας και συναίνεσης των τοπικών εκπαιδευτικών και διοικητικών φορέων, το Εργαστήριο ΦΕ λειτουργεί σε πιλοτική φάση από το 2006 μέχρι σήμερα, παρέχοντας στην εκπαιδευτική κοινότητα υπηρεσίες επιμόρφωσης και εργαστηριακής υποστήριξης με συνέπεια και συνέχεια. Μέσα από διαδικασίες έρευνας και ανάπτυξης διαμορφώνεται σταδιακά διδακτικό περιεχόμενο σχετικό με την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, το οποίο εφαρμόζεται και αναδομείται στην πράξη και στη συνέχεια αποτελεί αντικείμενο ενδοσχολικής επιμόρφωσης για τους εκπαιδευτικούς, μέσα από συζήτηση και διωποκειμενική κριτική. (πρβλ. <http://efepereth.wikidot.com/>).

Λέξεις κλειδιά: Εργαστήριο ΦΕ, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ενδοσχολική επιμόρφωση, έρευνα και ανάπτυξη εκπαιδευτικού περιεχομένου, εργαστηριακή πρακτική ΦΕ.

1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο ενός προγράμματος εξοπλισμού που είχε εκπονηθεί από την Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης του Γ΄ Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης/ΕΠΕΑΕΚ του Υπουργείου Παιδείας (2005-2009), δημιουργήθηκαν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση 58 Εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, ένα για κάθε περιφερειακή ενότητα, ενσωματωμένα μέσα σε αντίστοιχο αριθμό σχολείων (πρβλ. <http://efepereth.wikidot.com/info>). Μέχρι σήμερα, δεν έχει κατοχυρωθεί θεσμικά ένα πλαίσιο λειτουργίας των Εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, τα οποία θα μπορούσαν να προσφέρουν σημαντικές υπηρεσίες σε ένα τομέα όπως είναι η εργαστηριακή πρακτική στις φυσικές επιστήμες, τόσο των εκπαιδευομένων όσο και εκπαιδευτικών. Στην Περιφερειακή Ενότητα Ρεθύμνης, το Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών στεγάζεται στο 9ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου, σε χώρους κατάλληλα διαμορφωμένους με επίπλωση και εξοπλισμό από το παραπάνω πρόγραμμα, χρησιμοποιώντας επίσης προϋπάρχουσες υποδομές του Σχολείου.

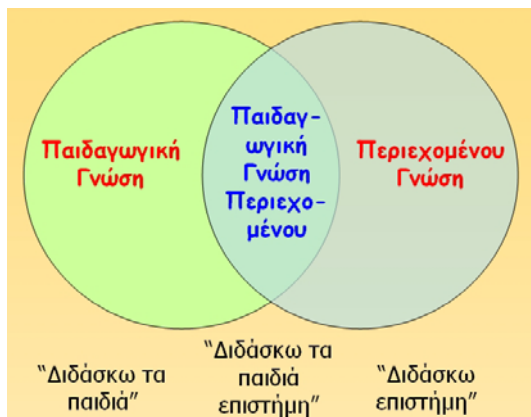
Μέσα σε ένα πλαίσιο συνεργασίας και συναίνεσης των τοπικών εκπαιδευτικών και διοικητικών φορέων, το Εργαστήριο ΦΕ λειτουργεί σε πιλοτική φάση από το 2006 μέχρι σήμερα. Οι διδακτικές και μαθησιακές προσεγγίσεις του Εργαστηρίου ΦΕ στηρίζονται κυρίως πάνω σε πειράματα και κατασκευές με απλά και συνήθη υλικά, τα οποία είναι προσφιλή και οικεία στα παιδιά και προσδίδουν μια αίσθηση καθημερινής δραστηριότητας για την επιστήμη. Συχνά, χρειάζεται να σκεφτούμε με διαφορετικούς τρόπους και περισσότερο αφαιρετικά κατά την προετοιμασία τέτοιων πειραμάτων, στοιχεία που συνιστούν, άλλωστε, ένα πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης προς την κατεύθυνση αυτή. Είναι σημαντικό οι εκπαιδευτικοί να εμπλέκονται σε τέτοιες διαδικασίες, οι οποίες κάνουν τις έννοιες απλούστερες και πιο κατανοητές για τα παιδιά, μέσα από συγκεκριμένους μηχανισμούς και διδακτικούς μετασχηματισμούς, ενταγμένους στη σχολική τάξη.

Από τον πρώτο χρόνο της λειτουργίας του, το Εργαστήριο ΦΕ στο 9^ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου χρησιμοποιείται καθημερινά και συστηματικά στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών και παρέχει στην εκπαιδευτική κοινότητα:

- τη δυνατότητα για εργαστηριακή πρακτική των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με βάση την έρευνα και ανάπτυξη στη διδακτική πράξη, τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς
- σύγχρονες και καινοτόμες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις, με τη δημιουργία εκπαιδευτικών σεναρίων, διδακτικών σχεδίων, εργαστηριακών πακέτων πειραμάτων, κατασκευών και σχεδίων εργασίας (projects)
- συστηματική εργαστηριακή υποστήριξη και επιμόρφωση εκπαιδευτικών μέσα από μια πληθώρα προγραμμάτων και δράσεων, τα οποία αφορούν ενδοσχολική επιμόρφωση σε συνεργασία με τους Σχολικούς Συμβούλους και μέσα στα πλαίσια επιμόρφωσης του Υπουργείου Παιδείας [π.χ. Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης (ΜΠΕ), Νέα Προγράμματα Σπουδών, Ψηφιακό Σχολείο κ.ά.]
- διάχυση όλων των παραπάνω υπηρεσιών μέσα από την ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού wiki (<http://efepereth.wikidot.com/>).

Τα επιμορφωτικά σεμινάρια-εργαστήρια για τους εκπαιδευτικούς διεξάγονται επαναλαμβανόμενα και κυκλικά δύο φορές το χρόνο. Έτσι, οι εκπαιδευτικοί επισκέπτονται το Εργαστήριο ΦΕ τον Οκτώβριο και το Φεβρουάριο, για ένα δίωρο/τρίωρο σεμινάριο-εργαστήριο, όπου πραγματεύονται εργαστηριακά και διδακτικά-εννοιολογικά ζητήματα για τις ενότητες φυσικών επιστημών, τις οποίες προγραμματίζουν να διδάξουν στο αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα. Κάθε τέτοιος κύκλος σεμιναρίων διαρκεί 3 εβδομάδες. Επιπρόσθετα, διαμορφώνεται μια διαρκής λίστα ηλεκτρονικής αλληλογραφίας, όπου σε τακτά χρονικά διαστήματα οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί ανταλλάσσουν μεταξύ τους σκέψεις, απόψεις, ιδέες και σχετικά αρχεία που αφορούν άμεσα την καθημερινή διδακτική και μαθησιακή διαδικασία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο.

2 Το μοντέλο της Εκπαιδευτικής Αναδόμησης, ως ένα πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης περιεχομένου στην εκπαίδευση για τις φυσικές επιστήμες.



Εικ. 1: Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου

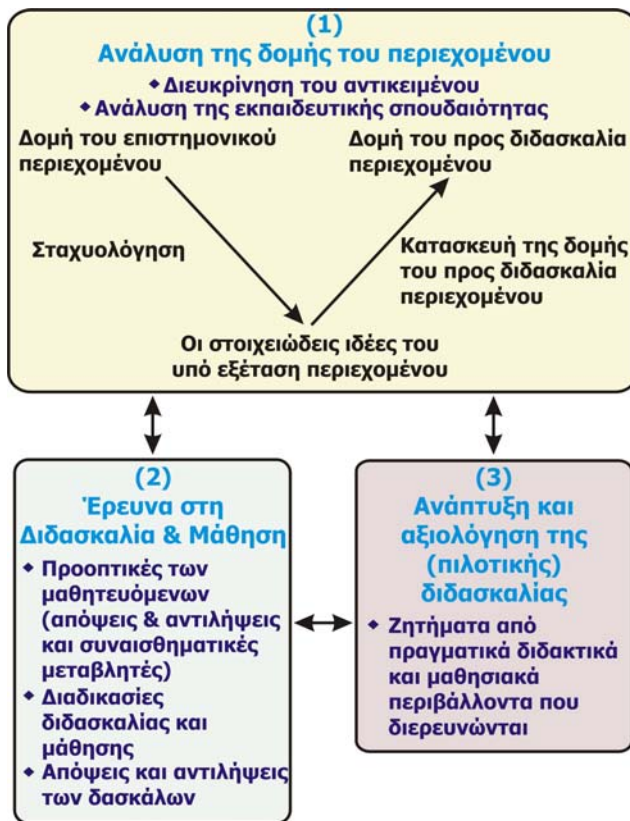
Ο Sculman (1987) εισήγαγε την ιδέα «ειδικού περιεχομένου παιδαγωγική γνώση», ως μια στενή σχέση ανάμεσα στη γνώση περιεχομένου και στην παιδαγωγική γνώση, η οποία στις παραδοσιακές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις συχνά υποβαθμίζεται (βλ. εικ. 1). Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου είναι για τον Schulman “το ειδικό αμάλγαμα περιεχομένου και παιδαγωγικής που είναι ο ιδιαίτερος τομέας δράσης των εκπαιδευτικών, ο δικός τους τρόπος επαγγελματικής κατανόησης” (Shulman, 1987).

Προσκαλεί τους εκπαιδευτικούς να κάνουν τη μετατόπιση “από το να είναι ικανοί να κατανοούν το περιεχόμενο για τους εαυτούς τους, στο να γίνουν ικανοί να διασαφηνίζουν το περιεχόμενο με νέους τρόπους, να το αναδιοργανώνουν και να το διαμοιράζουν, να το ντύνουν με δραστηριότητες και συναισθήματα, με μεταφορές και ασκήσεις, με παραδείγματα και επιδείξεις έτσι, ώστε να το αδράξουν οι μαθητές” (Shulman, 1987, σ. 13). Ως εκπαιδευτικοί, είναι σημαντικό να τροποποιούμε, να αναδιοργανώνουμε και να μετατοπίζουμε το προς διδασκαλία περιεχόμενο των φυσικών επιστημών έτσι, ώστε μέσα από κατάλληλους διδακτικούς μετασχηματισμούς να το συγκροτούμε σε σχολική γνώση, που να προκαλεί το ενδιαφέρον και την ιδιοποίηση από τη μεριά των μαθητευομένων (Κολιόπουλος, 2004 Καριώτογλου, 2006).

Το μοντέλο της εκπαιδευτικής αναδόμησης (ΜΕΑ) λαμβάνει υπόψη του την ιδέα της «παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου» και συγκροτεί ένα πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης για την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες (βλ. εικ. 2, από Duit, 2007). Ο βασικός σκοπός του μοντέλου

είναι να αναδειξεί τις σχέσεις ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και στα εναλλακτικά πλαίσια ιδεών και αντιλήψεων των μαθητευόμενων και επίσης να αναδομήσει τις σημαντικές σχέσεις που υπάρχουν, αλλά συχνά λησμονούνται, ανάμεσα στις επιστημονικές και τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες (Kattmann *et al.*, 1995 Stavrouti *et al.*, 2008). Μέσα από το μοντέλο της εκπαιδευτικής αναδόμησης δίδεται έμφαση:

- στην αποσαφήνιση και ανάλυση του περιεχομένου και των εννοιών των φυσικών επιστημών (π.χ. ενέργεια, δύναμη κ.ά.), καθώς επίσης στις επιστημονικές διαδικασίες και στη φύση της επιστήμης, αναδεικνύοντας ως σημαντικά τα συστατικά τους μέρη
- στη διερεύνηση των αντιλήψεων των παιδιών και των εκπαιδευτικών που καθορίζουν τις ιδέες και τις απόψεις τους, μέσα από μεταβλητές που επηρεάζουν το συναισθηματικό τομέα και σχετίζονται με το ενδιαφέρον, την αυτό-εικόνα, τις στάσεις και τις δεξιότητες
- στο σχεδιασμό και την αξιολόγηση εκπαιδευτικών περιβαλλόντων διδασκαλίας και μάθησης μέσα από συγκεκριμένες δραστηριότητες, παρεμβάσεις, σειρές μαθημάτων κλπ. (Duit *et al.*, 2012).



Εικ. 2: Το Μοντέλο της Εκπαιδευτικής Αναδόμησης

Ο συστημικός χαρακτήρας του μοντέλου, που εκφράζεται μέσα από τη διαρκή αλληλεπίδραση των συστατικών μερών του, οδηγεί προς την αναγκαιότητα της εξέτασης όλων των εμπλεκόμενων χαρακτηριστικών σε κάθε ερευνητική μελέτη. Έτσι, το επιστημονικό περιεχόμενο των εννοιών φαίνεται να είναι ένα σημείο αναφοράς για να κατανοήσουμε την προοπτική των μαθητευόμενων, αλλά επίσης το τελευταίο ενδέχεται να συγκροτήσει ένα σημείο αναφοράς για τη βαθύτερη κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου και πάλι αντίστροφα σε μια διαδικασία επάλληλων κύκλων ή/και φάσεων μελέτης. Κατά την πορεία ανάπτυξης των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, χρησιμοποιούνται διδακτικές και μαθησιακές στρατηγικές όπως είναι επέκταση υπάρχουσών απόψεων και εφαρμογή τους σε νέες περιστάσεις, ανάπτυξη της επιστημονικής κατανόησης παράλληλα

με υπάρχουσες απόψεις ή ακόμα επιλογή και αναγνώριση των πιο κατάλληλων επεξηγηματικών πλαισίων για συγκεκριμένες περιστάσεις (Scott *et al.*, 1992 Tsagliotis, 2005 Τσαγλιώτης, 2006).

Ακολουθούν δύο ενδεικτικά παραδείγματα από την εφαρμογή στοιχείων του Μοντέλου της Εκπαιδευτικής Αναδόμησης για την έννοια «ενέργεια» και τη διδασκαλία της μέσα από παιχνίδια και για τις «μελέτες μικροσκοπίου», με αναφορές στην ιστορία της επιστήμης με κατάλληλους διδακτικούς μετασχηματισμούς. Τα παραδείγματα αυτά, ανάμεσα σε πολλά άλλα, έχουν αποτελέσει αντικείμενα ενδοσχολικής επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στα σεμινάρια του Εργαστηρίου ΦΕ τα τελευταία εννέα χρόνια και παράλληλα αγαπημένες δραστηριότητες των παιδιών στις τάξεις.

3 Παράδειγμα ενδοσχολικής επιμόρφωσης (α): «ενέργεια» μέσα από παιχνίδια

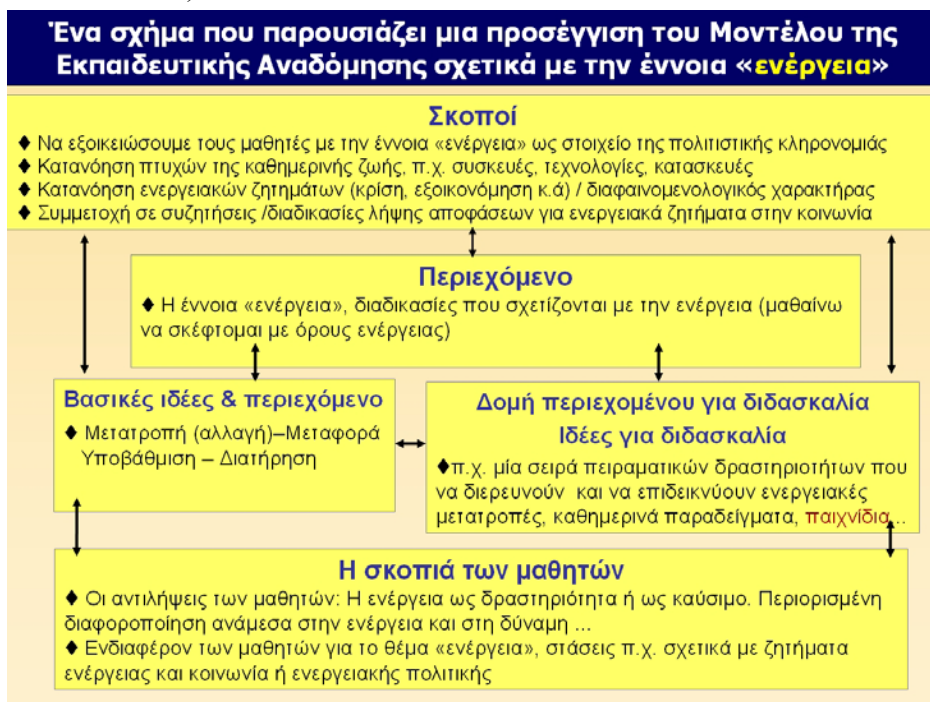
Έχει αναφερθεί εκτενώς σε μελέτες ότι η έννοια «ενέργεια» είναι από τη φύση της μια αφηρημένη έννοια, δύσκολη στη διδακτική και μαθησιακή της προσέγγιση (Duit, 1986· Solomon, 1992· Williams & Reeves, 2003· Leggett, 2003· Κολιόπουλος, 1997). Έτσι, η πρόκληση στο έργο των εκπαιδευτικών φαίνεται να είναι πάντα η εύρεση δημιουργικών τρόπων νοηματοδότησης συγκεκριμένων και καθοριστικών χαρακτηριστικών της έννοιας «ενέργεια» (πρβλ. Κολιόπουλος, 2000). Στην καθημερινή γλώσσα η «ενέργεια» φαίνεται να σχετίζεται περισσότερο με κάτι που «χρησιμοποιούμε» ή που «καταναλώνουμε». Αγοράζουμε ενέργεια από τη ΔΕΗ ή από εταιρίες φυσικού αερίου και εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια που παίρνουμε από πηγές όπως το πετρέλαιο, τον ήλιο ή τον άνεμο. Παράλληλα μιλάμε συχνά για λογική χρήση και «εξοικονόμηση ενέργειας», ιδιαίτερα σε περιόδους πετρελαϊκής κρίσης, όπου η τιμή του αργού πετρελαίου έχει άμεσο αντίκτυπο στον κρατικό και οικογενειακό προϋπολογισμό, αλλά και στο καθημερινό επίπεδο διαβίωσης των πολιτών. Μιλάμε έτσι για την ενέργεια με ένα τρόπο που ενδέχεται να μην είναι πάντοτε συνεπής με τις επιστημονικές αντιλήψεις, φαίνεται όμως να είναι επηρεασμένος από επιστημονικές ιδέες, μια που η ενέργεια νοηματοδοτείται ως ένα αγαθό ή ως μια πηγή-αποθήκη προς χρήση, όπως το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, το κάρβουνο ή ακόμα και οι τροφές μας (Millar, 2005).

Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες κατά τη διάρκεια της πρώτης σχολικής βαθμίδας υπάρχει από τη μια μεριά η άποψη ότι η έννοια «ενέργεια» δε θα πρέπει καν να προσεγγίζεται γιατί είναι δυσνόητη εξαιτίας του αφαιρετικού της χαρακτήρα και των προχωρημένων μαθηματικών που χρειάζονται για τους υπολογισμούς της. Υποστηρίζεται ότι έτσι δεν καταφεύγουμε σε «ποιοτικές υπεραπλουστεύσεις», οι οποίες ενδέχεται να δημιουργήσουν μετέπειτα μαθησιακά εμπόδια και παρανοήσεις (Warren, 1991). Από την άλλη μεριά διατυπώνονται απόψεις διδακτικών και μαθησιακών προσεγγίσεων της έννοιας «ενέργεια» μέσα από επιλεγμένες διαδικασίες απλούστευσης και μέσα από ερμηνευτικά πλαίσια και παραστάσεις που συνάδουν σε μεγάλο βαθμό με τις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις.

Έχει διατυπωθεί η ιδέα ότι η ενέργεια μπορεί να ειπωθεί ως ένα «οιονεί υλικό» (quasi-material), κάτι σαν μια ουσία που ρέει νοητά, μεταφέρεται από τόπο σε τόπο, παρά ως ένας αριθμητικός υπολογισμός που δεν αναφέρεται σε τίποτε το «πραγματικό» (Duit, 1987 Duit & Haeussler, 1994 Millar, 2005). Αν φανταστούμε δύο αντικείμενα Α και Β που αλληλεπιδρούν μέσα σε μια διαδικασία με κάποιο τρόπο και η ενέργεια του Α μειώνεται ενώ η ενέργεια του Β αυξάνεται, τότε μπορούμε να αποδώσουμε ένα νόημα σε «κάτι» (ενέργεια) που μεταφέρεται από το Α στο Β. Έτσι, αναπτύσσουμε ένα μοντέλο ενέργειας που μπορεί να ειπωθεί ως μια «οιονεί ουσία» που ρέει από τόπο σε τόπο, αποδίδοντας σταδιακά ένα νόημα και στη συνολική διατήρηση της ενέργειας (Millar, 2005). Έχουμε βέβαια πάντοτε υπόψη μας ότι αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι ένα λειτουργικό μοντέλο για την κατανόηση της έννοιας, το οποίο δε συνάδει ακριβώς με τις επιστημονικές ιδέες για την ενέργεια και θα πρέπει να προσέξουμε τη χρήση του στο πλαίσιο της σχολικής τάξης. Ωστόσο, φαίνεται μάλλον αδύνατο να πραγματευτούμε με απλό τρόπο την έννοια ενέργεια χωρίς να χρησιμοποιήσουμε μια τέτοια ιδέα, ενώ μάλιστα έχει διατυπωθεί ο ισχυρισμός ότι δεν αποτελεί σοβαρό εμπόδιο για μια μετέπειτα εξέλιξη της κατανόησης της έννοιας με μεγαλύτερη επιστημονική ακρίβεια (Duit, 1987 Kaper & Goedhart, 2002 Chen *et al.* 2014).

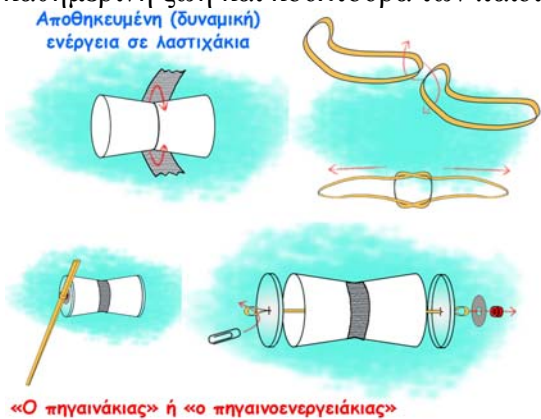
Εφόσον όμως χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο προσέγγισης της ενέργειας ως κάτι που μπορεί να αποθηκεύεται σε διαφορετικούς τόπους (με διάφορους τρόπους) και να «ρέει» (μεταφέρεται) από τόπο σε τόπο, τότε φαίνεται πολύ ελκυστικό να αποδώσουμε χαρακτηρισμούς στις διάφορες «μορφές» που μπορεί να πάρει η ενέργεια. Αυτή η προσέγγιση των «μορφών ενέργειας» έχει γίνει αντικείμενο πολλών συζητήσεων και έχει διατυπωθεί η κριτική ότι οι μαθητές μένουν σε ένα πλαίσιο «ψευτο-ποιοτικής προσέγγισης» και μαθαίνουν να αποδίδουν με ετικέτες διάφορους χαρακτηρισμούς για την ενέργεια, κάτι που προσθέτει ελάχιστα στη βαθύτερη κατανόηση της έννοιας (Duit & Haeussler, 1994). Ακόμα υπάρχει κριτική στο ότι εστιάζεται η προσοχή των μαθητών στα διάφορα σημεία που αλλάζει «μορφή» η ενέργεια, παρά στις διαδικασίες με τις οποίες

η ενέργεια μεταφέρεται από ένα αντικείμενο ή σύστημα σε ένα άλλο (Millar, 2005 Chen *et al.* 2014). Όμως έχει διατυπωθεί η άποψη ότι η «γλώσσα των μορφών ενέργειας» θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως μια «ενδιάμεση γλώσσα» στο δρόμο προς τη θερμοδυναμική, εφόσον τηρηθούν κάποιοι κανόνες συνέπειας και δοθεί έμφαση στις διαδικασίες αλλαγής από τη μία «μορφή» στην άλλη (Kaper & Goedhart 2002).



Εικ. 3: Μια προσέγγιση για την ενέργεια μέσα από το ΜΕΑ

Μια επίσης σημαντική πτυχή της ενέργειας, η οποία σχετίζεται άμεσα με την καθημερινή εμπειρία τις τεχνολογικές εφαρμογές και με τα κοινωνικά ενεργειακά προβλήματα (παροχή και εξοικονόμηση) είναι η έννοια της «υποβάθμισης» της ενέργειας. Άλλωστε, η έννοια της διατήρησης της ενέργειας φαίνεται να γίνεται πιο κατανοητή στους μαθητές όταν πραγματεύεται παράλληλα με την έννοια της υποβάθμισης και ενδεχομένως ακόμα καλύτερα όταν η τελευταία προηγείται (Duit, 1986 1994 Solomon, 1992 Pintó *et.al.* 2000). Κατά τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία είναι σημαντικό να επιλέγονται κατάλληλες δραστηριότητες και πειραματισμοί που να διευκολύνουν την κατανόηση πτυχών της έννοιας «ενέργεια», που έχουν επισημανθεί παραπάνω, ιδιαίτερα για τα παιδιά του δημοτικού σχολείου (πρβλ. εικ. 3). Αυτό μπορεί να συνδυαστεί με μια προσέγγιση χρησιμοποίησης απλών κατασκευών και παιχνιδιών κατά τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία της έννοιας «ενέργεια», μέσα σε ένα οικείο και προσφιλές περιβάλλον που προσιδιάζει στην καθημερινή ζωή και κουλτούρα των παιδιών (Taylor, 1998' Fatonby, 2005).



Εικ. 4: Παιχνίδι ενέργειας με λαστιχάκι

Ένα τέτοιο παράδειγμα παιχνιδιού για την ενέργεια είναι εκείνο που απεικονίζεται στην εικ. 4, το οποίο τα παιδιά αποκαλούν ο «πηναινάκις» ή ο «πηναινοενεργειάκις». Κατασκευάζεται εύκολα με απλά υλικά όπως: δύο κεσεδάκια ή δύο ποτήρια με καπάκια, δύο λαστιχάκια που συνδέονται μεταξύ τους, μια ροδέλα, μία χάντρα και ένα καλαμάκι. Αφού συναρμολογηθεί από τα παιδιά στην τάξη ή/και τους εκπαιδευτικούς στα σεμινάρια, αρχίζει το παιχνίδι και μέσα από αυτό αντιμετωπίζονται «ενεργειακά ζητήματα και ερωτήματα» όπως: πώς κινείται ο «πηναινάκις»; τι μπορώ να κάνω

για να πηγαίνει πιο γρήγορα; γιατί σταματάει; πως μπορώ να φτιάξω ένα καλύτερο παιχνίδι; κ.ά. Η ενασχόληση με αυτά, δημιουργεί ερμηνευτικά πλαίσια για την έννοια «ενέργεια», που σχετίζονται με το προσωπικό ενδιαφέρον και έχουν ένα υψηλό βαθμό ιδιοποίησης και δέσμευσης με το συγκεκριμένο παιχνίδι και τις δραστηριότητες γύρω από αυτό.



Εικ. 5: Τα παιδιά «κουρδίζουν» τον «πηγαινάκια» τους για αγώνες μέσα στην τάξη.



Εικ. 6: Ομάδα εκπαιδευτικών ετοιμάζονται για αγώνες με τα παιχνίδια τους, στο διάδρομο δίπλα στο σχολικό κήπο.

Ένα παρόμοιο παιχνίδι είναι ο «πηγαινοερχάκιας», στη γλώσσα των παιδιών, το οποίο κατασκευάζεται με τα υλικά που φαίνονται στην εικόνα 7. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η συζήτηση γύρω από ένα ερμηνευτικό πλαίσιο που διέπει τη λειτουργία του ενεργειακά και μπορεί να εκφραστεί με τον ακόλουθο τρόπο: «Στην αρχή δίνουμε μια μικρή ώθηση, ένα μικρό σπρώξιμο στο παιχνίδι μας, στον «πηγαινοερχάκια». Έτσι, αρχίζει να κινείται μπροστά και το λαστιχάκι που είναι τεντωμένο στο εσωτερικό του τυλίγεται και στριφογυρίζει, επειδή το παξιμάδι (περικόχλιο) είναι δεμένο και κρέμεται στη μέση του λαστιχού και το αναγκάζει σ' αυτό το στρίψιμο. Καθώς το παιχνίδι κινείται, έχει κινητική ενέργεια και καθώς το λαστιχάκι τυλίγεται αποθηκεύει δυναμική ενέργεια επειδή παραμορφώνεται με ελαστικό τρόπο. Το παιχνίδι προχωρά μπροστά, αλλά κάποια στιγμή σταματά για λίγο και αρχίζει να γυρίζει πίσω. Εκείνη τη στιγμή, ένα μέρος της κινητικής ενέργειας που είχε, μετατράπηκε σε αποθηκευμένη δυναμική ενέργεια στο τυλιγμένο λαστιχάκι, η οποία με τη σειρά της γίνεται/μετατρέπεται και πάλι σε κινητική ενέργεια και έτσι το παιχνίδι γυρνάει προς τα πίσω.

Τότε έχει πάλι κινητική ενέργεια και το λαστιχάκι στο εσωτερικό του ξετυλίγεται από τη μία μεριά, αλλά ξανατυλίγεται από την άλλη, καθώς το παιχνίδι συνεχίζει να κινείται. Έτσι, κάποια στιγμή, στην άλλη μεριά της διαδρομής «φρενάρει» και σταματά για λίγο και έπειτα ξαναπηγαίνει εμπρός. Τότε πάλι η αποθηκευμένη ενέργεια που έχει το τυλιγμένο λαστιχάκι γίνεται/μετατρέπεται σε κινητική και ξαναπροχωράει το παιχνίδι. Κάθε φορά που συμβαίνει αυτό, κάθε φορά που ο «πηγαινοερχάκιας» πηγαينوέρχεται, η αποθηκευμένη δυναμική ενέργεια στο λαστιχάκι μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια και ανάποδα.

Όμως, κάθε φορά που πηγαينوέρχεται, παρατηρούμε ότι η διαδρομή του μικραίνει, μέχρι που σταματά να κινείται έπειτα από 5-6 βόλτες μπρος και πίσω. Αυτό συμβαίνει διότι η ενέργεια διασκορπίζεται στα σημεία όπου υπάρχουν τριβές, τόσο στο λαστιχάκι όσο και στις ρόδες του παιχνιδιού, που τρίβονται πάνω στο τραπέζι. Εκεί ένα μέρος της ενέργειας μοιάζει να «αχρηστεύεται» κάθε φορά και να μη γίνεται κίνηση. Η ενέργεια υποβαθμίζεται και γίνεται θερμότητα, εκεί όπου υπάρχουν τριβές, η οποία διασκορπίζεται στο περιβάλλον και δεν μπορούμε εύκολα να την κάνουμε κίνηση για το παιχνίδι μας. Έτσι, η ενέργεια κάνει το παιχνίδι μας να πηγαينوέρχεται (δυναμική-κινητική ενέργεια), αλλά η ενέργεια το κάνει επίσης να σταματά (όταν υποβαθμίζεται σε θερμότητα, εκεί όπου υπάρχουν τριβές).»



Εικ. 7: Ο «πηγαινοεργάκιας» από 2 κυπελάκια με καπάκι, ή ένα μπουκάλι, μέσα στο οποίο υπάρχει ένα λάστιχο με δεμένο ένα βαρίδι (περικόχλιο) στη μέση του, που στερεώνεται με συνδετήρες ή οδοντογλυφίδες στα άκρα.



Εικ. 8: Τα υλικά του «πηγαινοεργάκιας» είναι συνήθη και χαμηλού κόστους έτσι, ώστε κάθε παιδί έχει το δικό του το παιχνίδι, για μελέτη και χαρά.

4 Παράδειγμα ενδοσχολικής επιμόρφωσης (β): μελέτες μικροσκοπίου

Η ιδέα για την ανάπτυξη αυτής της καλής πρακτικής ξεκίνησε ως ερευνητική εργασία του Εργαστηρίου ΦΕ στο Ευρωπαϊκό έργο HIPST (History and Philosophy in Science Teaching), [FP7, Science in Society-2007-2.2.1.1 http://cordis.europa.eu/project/rcn/87804_en.html]. Στα πλαίσια αυτού του προγράμματος εφαρμόστηκε αρχικά η συγκεκριμένη διδακτική πρακτική με 40-45 παιδιά της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, χωρισμένα σε 2 τμήματα, κατά τα σχολικά έτη 2008-2009 & 2009-2010 και έκτοτε επαναλαμβάνεται κάθε χρόνο με παιδιά του σχολείου, εκπαιδευτικούς και επισκέπτες (Tsagliotis, 2010 2012 & Τσαγλιώτης, 2014). Σε πρώτη φάση κάθε παιδί κατασκεύασε ένα απλό ανακλαστικό μικροσκόπιο χρησιμοποιώντας σύγχρονα υλικά όπως ένα πλαστικό σωλήνα και δύο πλαστικούς φακούς (αντικειμενικός και προσοφθάλμιος), οι οποίοι αποσπάστηκαν από φωτογραφικές μηχανές μιας χρήσης. Στην πραγματικότητα πρόκειται για μια τροποποιημένη (ανα)κατασκευή ενός μικροσκοπίου (με μια μεγέθυνση που προσεγγίζει το 20-25x), το οποίο έχει προταθεί από ερευνητές του *Museo Galileo - Istituto e Museo di Storia della Scienza* της Φλωρεντίας (Vannoni et al., 2007). Σε μία δεύτερη φάση, προστέθηκε ένας επιπλέον ενδιάμεσος φακός, προκειμένου να μικρύνει η παραμόρφωση, να δημιουργηθούν είδωλα με μεγαλύτερη οξύτητα και να ενισχυθεί η μεγέθυνση κατά 3-5 φορές (βλ. εικ. 9 & 10).



Εικ. 9: Μελέτες μικροσκοπίου με τα παιδιά στο Εργαστήριο ΦΕ. Διερευνούν τους σπόρους θυμαριού, ακλουθώντας αντίστοιχη περιγραφή και σκίτσο του Hooke που φαίνεται στο φύλλο εργασίας.



Εικ. 10: Εκπαιδευτικοί σε σεμινάριο ενδοσχολικής επιμόρφωσης στο Εργαστήριο ΦΕ. Μελέτες μικροσκοπίου στα βήματα του Hooke, με κατάλληλα φύλλα εργασίας που χρησιμοποιούν και τα παιδιά.

Τα παιδιά εισήχθησαν συνοπτικά στην ιστορική εξέλιξη του μικροσκοπίου, με εστίαση στη ζωή και τις ανακαλύψεις του *Robert Hooke* (1635-1703), από τα πρώτα χρόνια της ζωής του μέχρι τα επιτεύγματά του στη *Micrographia* (1665), σκιαγραφώντας τον ως ένα σπουδαίο φυσικό φιλόσοφο και πολυμαθή. Έπειτα, ακολούθησε η διεξαγωγή μελετών μικροσκοπίου με το κάθε παιδί να καταγράφει τις παρατηρήσεις του με το μικροσκόπιο που είχε κατασκευάσει, μέσα από μία προσέγγιση εμπνευσμένη από τη *Micrographia* του R. Hooke. Προτού να καταγράψουν τις σημειώσεις τους, τα παιδιά μελετούσαν ένα σχετικό απόσπασμα από το κλασικό έργο του *Hooke*, κατάλληλα μετασχηματισμένο και προσαρμοσμένο για την περίπτωση. Έτσι, ακολουθώντας τα βήματά του, αρχικά μελέτησαν τη μύτη μιας βελόνας και μια μικρή τυπογραφημένη τελεία, μελέτες που δούλεψαν και ως ασκήσεις εστίασης στη χρήση του μικροσκοπίου. Στη συνέχεια μελέτησαν σπόρους φυτών (θυμαριού και πετούνιας) καθώς επίσης και μέρη των φυτών, κατά τη διάρκεια της ανάπτυξής τους στο θερμοκήπιο και στο σχολικό κήπο. Αργότερα, μελέτησαν έντομα του κήπου, διεξάγοντας «εντομομελέτες», όπως τις αποκάλεσαν τα παιδιά, εξετάζοντας μυρμήγκια και ισόποδα. Ολοκλήρωσαν με μία ελεύθερη μελέτη, είτε με φυτά είτε με έντομα του κήπου, εφόσον είχαν αναπτύξει ειδικά ενδιαφέροντα για διάφορα δείγματα που ήθελαν να εξετάσουν. Τα παιδιά συζήτησαν και αντάλλαξαν τις σημειώσεις τους στην τάξη, μέσα σε ένα πλαίσιο διερευνήσεων για την ανάπτυξη και τις λειτουργίες των φυτών και των εντόμων. Η ανάλυση των σημειωμάτων των παιδιών αποκάλυψε πτυχές της διαδικασίας του «κάνω επιστήμη» μέσα σε ένα αυθεντικό περιβάλλον (διερευνητική προσέγγιση διδασκαλίας και μάθησης), διαμορφώνοντας μια μαθητική επιστημονική κοινότητα, η οποία καταπιάνεται με ένα έργο που έχει μια σκοπιμότητα ή/και ασχολείται συστηματικά με μία ενδιαφέρουσα δραστηριότητα διερεύνησης. (πρβλ. URL: στο wiki του Εργαστηρίου ΦΕ <<http://efepereth.wikidot.com/hipst>>).

5 Συμπεράσματα

Με βάση την παραπάνω προσέγγιση και τα δύο ενδεικτικά παραδείγματα αναδόμησης εκπαιδευτικού περιεχομένου που παρουσιάστηκαν, διατυπώνεται ο ισχυρισμός ότι η αξιοποίηση ενός Εργαστηρίου ΦΕ, που στοχεύει στην ποιοτική αναμόρφωση και αναβάθμιση της διδασκαλίας και μάθησης του συγκεκριμένου αντικείμενου στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με καινοτόμα, ποιοτικά αλλά και μετρήσιμα χαρακτηριστικά, δύναται να δώσει μια νέα πνοή στην καθημερινή εκπαιδευτική πράξη μαθητών και εκπαιδευτικών, διαμορφώνοντας σταδιακά μια κοινότητα μάθησης με συνέπεια και συνέχεια. Παρέχεται έτσι η δυνατότητα για μια κριτική προσέγγιση της εργαστηριακής πρακτικής των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, με βάση την έρευνα και ανάπτυξη στη διδακτική πράξη, τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς, μέσα σε ανοιχτά διερευνητικά περιβάλλοντα, με στοιχεία αυθεντικότητας, εντός του ιστορικού και γνωσιοθεωρητικού πλαισίου της επιστήμης. Έτσι, παράγεται και εφαρμόζεται διαρκώς, μέσα στην πράξη και πάνω στην πράξη, μια παιδαγωγική γνώση περιεχομένου, με δοκιμασμένους διδακτικούς μετασχηματισμούς για έννοιες και φαινόμενα των φυσικών επιστημών, η οποία τίθεται στη διυποκειμενική κριτική της εκπαιδευτικής κοινότητας, για μια διαρκή αναδόμηση που ξεκινά από τη βάση. Με αυτόν τον τρόπο, το διδακτικό περιεχόμενο περνά συνεχώς μέσα από τον έλεγχο της εκπαιδευτικής κοινότητας, παραμένει επίκαιρο και ανοιχτό, ενώ παράλληλα συνδιαμορφώνεται μέσα από τη δράση και τον κριτικό αναστοχασμό όλων των εμπλεκόμενων μερών.

Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, η περίπτωση του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών στο 9^ο Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου, μπορεί να αποτελέσει συγκεκριμένο παράδειγμα λειτουργίας μιας δοκιμασμένης υφιστάμενης δομής, που στοχεύει στην ανάπτυξη και εφαρμογή εκπαιδευτικού περιεχομένου. Ιδιαίτερα σε μία συγκυρία, όπου χρειάζεται επιμονή στη σημασία και στην αξία της εκπαιδευτικής διαδικασίας, σεβασμός στην αξιοποίηση των υπάρχουσών δομών, των ανθρώπινων και υλικών πόρων και κυρίως εμπιστοσύνη στο έργο των εκπαιδευτικών.

6 Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- Καριώτογλου, Π. (2006). Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γράφημα.
- Κολιόπουλος, Δ. (1997). *Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού της έννοιας της ενέργειας*. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Κολιόπουλος, Δ. (2000). Σχεδιάζοντας και αξιολογώντας ένα αναλυτικό πρόγραμμα για την ενέργεια: μια εποικοδομητική προσέγγιση. Στο Κόκκοτας Π. [επιμ.] *Διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες – Σύγχρονοι προβληματισμοί*. Αθήνα: Τυπωθήτω, σσ. 339-364.
- Κολιόπουλος, Δ. (2004). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών: Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Τσαγλιώτης, Ν. (2006). Μια διδακτική και μαθησιακή προσέγγιση της ηλιακής ενέργειας με παιδιά της Στ' τάξης του Δημοτικού σχολείου. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα & Πράξη*, Τεύχος 18, σσ. 26-34, Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Τσαγλιώτης, Ν. (2014). Μελέτες μικροσκοπίου στο δημοτικό σχολείο: εμπρός στο δρόμο που χάραξε ο Hooke! *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*. Τεύχος 4, σσ. 21-30. Διαθέσιμο ηλεκτρονικά URL: <http://physcool.web.auth.gr/images/teyxos_4/Tsagliotis%20p.21-30.pdf>.

Ξενόγλωσση

- Chen, R.F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J.C., Scheff, A. (Eds.). (2014). *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education*. New York: Springer.
- Duit R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek M. & Parchmann I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. In Jorde D. & Dillon, J. (Eds.). *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and prospective*.
- Duit, R. & Haeussler, P. (1994). Learning and teaching energy. In Frnsham, P, Gunstone, R & White R. (eds.) *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*, London: The Falmer Press, pp. 185-200.
- Duit, R. (1986). In search of an energy concept. In Driver, R. & Millar, R. (Eds.) *Energy Matters*, University of Leeds, pp. 67-101.
- Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, Vol. 9(2), pp. 139-145.
- Duit, R. (2007). A model of educational reconstruction as orientation of science education research. In Tobin, K & Roth W.M. (eds.) *The culture of science education: Its history in person*, Rotterdam/Taipei: Sense Publishers, pp. 107-120.
- Featonby, B. (2005). Toys and Physics. *Physics Education*, 40(6), pp. 337-343.
- Hooke, R. (1665) [1st Ed.]. *Micrographia: or, Some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses*. London: J. Martyn and J. Allestry.
- Kaper, W. & Goedhart, M. (2002). 'Forms of energy', an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I. *International Journal of Science Education*, 24(1), pp. 81-96.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1995; April). A model of educational reconstruction. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), San Francisco.
- Leggett, M. (2003). Lessons that non-scientists can teach us about the concept of energy: a human-centered approach. *Physics Education*, Vol. 38(2), pp. 130-134.
- Millar, R. (2005). *Teaching about energy*. Research paper 2005/11, Department of Educational Studies, University of York.

- Pintó, R., Gutierrez, R. & Couso, D. (2000). *Teaching about energy degradation*. Report on Work package 5. Spain, Science Teacher Training in an Information Society (STTIS), DG Research (Contract SOE2 CT97 2020).
- Scott, P.H., Asoko, H.M. & Driver, R. (1992) Teaching for conceptual change: A review of strategies. In Duit, R., Goldberg, F. & Niedderer, H. (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical issues and empirical studies*, Kiel, Germany: Institute of Science Education, pp. 310-329
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–21.
- Solomon, J. (1992). *Getting to know about energy in school and society*. London: The Falmer Press.
- Stavrou, D., R. Duit & Komorek, M. (2008). A teaching and learning sequence about the interplay of chance and determinism in nonlinear systems. *Physics Education* 43(4): 417-422.
- Taylor, B.A.P. (1998). *Exploring Energy with Toys: Complete Lessons for Grades 4-8*. National Science Foundation: Learning Triangle Press.
- Tsagliotis, N. (2005). Approaching conceptual change in the teaching and learning of mechanical and solar energy with 6th grade primary school children in Greece. In Fischer, H.E. (Ed.). *Developing Standards in Research on Science Education*, London: Taylor & Francis, pp. 221-227.
- Tsagliotis, N. (2010). Microscope studies in Primary Science: following the footsteps of R. Hooke in *Micrographia*. In M. Kalogiannakis, D. Stavrou & P. Michaelidis (Eds.) *Proceedings of the 7th International Conference on Hands-on Science*. 25-31 July, Rethymno-Crete, pp. 212-221 (Διαθέσιμο στο URL: < <http://www.clab.edc.uoc.gr/HSci2010> >).
- Tsagliotis, N. (2012). Build your own microscope: following in Robert Hooke's footsteps, *Science in School*, Vol. 22, pp. 29-35. Διαθέσιμο ηλεκτρονικά στη διεύθυνση του περιοδικού, στο URL: <http://www.scienceinschool.org/repository/docs/issue22_microscope.pdf>.
- Vannoni M., Buah-Bassuah P.K. & Molesini G. (2007). Making a microscope with readily available materials. *Physics Education*, 42(4): 385-390.
- Warren, J.W. (1991). The teaching of energy. *Physics Education*, 26(1), pp. 8-9.
- Williams, G. & Reeves, T. (2003). Another go at energy. *Physics Education*, Vol. 38(2), pp. 150-155.